

Влияние повторяющихся процедур трансвагинальной пункции фолликулов на содержание половых гормонов в крови коров-доноров тагильской породы

Р. Ю. ЧИНАРОВ, В. А. ЛУКАНИНА, О. С. МИТЯШОВА, Г. Н. СИНГИНА, И. Ю. ЛЕБЕДЕВА

Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, Подольский р-н, Московская обл., 142132, Российская Федерация

Резюме. Один из перспективных технологических приемов, направленных на повышение эффективности использования коров-доноров для получения ооцитов посредством трансвагинальной УЗИ-ассистированной пункции фолликулов (ОПУ) – проведение серии повторяющихся сеансов ОПУ с периодичностью один или два раза в неделю. Однако такой режим использования доноров может потенциально оказывать негативное воздействие на воспроизводительные способности. Один из индикаторов состояния репродуктивной системы – содержание в крови коров-доноров половых гормонов. Цель исследований – анализ влияния повторяющихся процедур прижизненной УЗИ-ассистированной пункции фолликулов на содержание в крови половых гормонов у лактирующих коров тагильской породы для оптимизации режима их использования в качестве доноров ооцитов. Концентрацию половых гормонов – прогестерона (ПГ), фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), лютеинизирующего гормона (ЛГ) и эстрадиола-17β (ЭД) – в контрольной и опытной группах определяли в день прихода коров в охоту (день 0), на 1-, 4-, 8-, 11-, 15-, 18- и 22-й дни полового цикла. В опытной группе на 4-, 8-, 11-, 15-, 18- и 22-й дни выполняли шесть последовательных процедур ОПУ. Средние концентрации половых гормонов в дни проведения ОПУ между контрольной и опытной группами не различались и составили соответственно $5,93 \pm 1,59$ и $6,52 \pm 1,01$ нмоль/л для ПГ, $23,83 \pm 0,71$ и $23,39 \pm 0,66$ нг/мл для ФСГ, $4,97 \pm 0,55$ и $4,59 \pm 0,40$ нг/мл для ЛГ и $0,264 \pm 0,024$ и $0,235 \pm 0,015$ нмоль/л для ЭД. Выявлены сильные положительные корреляции между группами по содержанию ПГ ($r_s = 0,79$, $p < 0,001$), ФСГ ($r_s = 0,72$, $p < 0,001$) и ЛГ ($r_s = 0,84$, $p < 0,001$). Проведение шести повторяющихся процедур ОПУ не приводило к достоверным изменениям в гормональном профиле коров-доноров в отношении изучаемых половых гормонов. Это позволяет рекомендовать использование установленного режима для получения ооцитов у лактирующих коров-доноров тагильской породы без существенного нарушения репродуктивной функции.

Ключевые слова: коровы-доноры, получение ооцитов, ОПУ, прогестерон, фолликулостимулирующий гормон, лютеинизирующий гормон, эстрадиол-17β.

Сведения об авторах: Р. Ю. Чинаров, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник (e-mail: roman_chinarov@mail.ru); В. А. Луканина, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник; О. С. Митяшова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Г. Н. Сингина, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; И. Ю. Лебедева, доктор биологических наук, главный научный сотрудник.

Для цитирования: Влияние повторяющихся процедур трансвагинальной пункции фолликулов на содержание половых гормонов в крови коров-доноров тагильской породы / Р. Ю. Чинаров, В. А. Луканина, О. С. Митяшова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 6. С. 46–51. doi: 10.53859/02352451_2024_38_6_46

The effect of repeated transvaginal follicle puncture procedures on the blood content of reproductive hormones in donor cows of the tagil breed

R. Y. Chinarov, V. A. Lukanina, O. S. Mityashova, G. N. Singina, I. Yu. Lebedeva

Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, pos. Dubrovitsy, 60, Podolskii r-n, Moskovskaya obl., 142132, Russian Federation

Abstract. One of the promising technological tool aimed at increasing the efficiency of using donor cows to obtain oocytes by transvaginal ultrasound-guided follicle puncture (OPU) is to carry out a series of repeated OPU sessions with a frequency of once or twice a week. However, such timing regimen of using donors can have a potential negative impact on reproductive capacity. One of the indices of the status of the reproductive system is the content of reproductive hormones in the blood of donor cows. The aim of our work was to analyze the effect of repeated procedures of ultrasound-guided puncture of follicles on the blood content of reproductive hormones in lactating cows of the Tagil breed to optimize their using as oocyte donors. The concentration of reproductive hormones – progesterone (PG), follicle-stimulating hormone (FSH), luteinizing hormone (LH) and estradiol-17β (ED) in the control and experimental groups was determined on the day of estrus (day 0) and on the 1st, 4th, 8th, 11th, 15th, 18th and 21st days of the estrus cycle. In the experimental group, six consecutive OPU sessions were performed on the 4th, 8th, 11th, 15th, 18th and 21st days of estrus cycle. The average concentrations of reproductive hormones on the days of OPU did not differ between the control and experimental groups and amounted, respectively, to $5,93 \pm 1,59$ and $6,52 \pm 1,01$ nmol/l for PG, $23,83 \pm 0,71$ and $23,39 \pm 0,66$ ng/ml for FSH, $4,97 \pm 0,55$ and $4,59 \pm 0,40$ ng/ml for LH and $0,264 \pm 0,024$ and $0,235 \pm 0,015$ nmol/l – for ED. Strong positive correlations were found between the groups for blood content of PG ($r_s = 0,79$, $p < 0,001$), FSH ($r_s = 0,72$, $p < 0,001$) and LH ($r_s = 0,84$, $p < 0,001$). Thus, carrying out six repeated OPU procedures did not lead to significant alterations in the hormonal profile of donor cows in relation to the studied reproductive hormones. This allows us to recommend the using this timing regime for obtaining oocytes from lactating donor cows of the Tagil breed without significant disruption of reproductive function.

Keywords: donor cows, oocyte production, OPU, progesterone, follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, and estradiol-17β.

Author Details: R. Y. Chinarov, Cand. Sc. (Vet.), senior research fellow, (e-mail: roman_chinarov@mail.ru); V. A. Lukanina, Cand. Sc. (Biol.), junior research fellow; O. S. Mityashova, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; G. N. Singina, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow; I. Yu. Lebedeva, D. Sc. (Biol.), chief research fellow.

For citation: Chinarov RY, Lukanina VA, Mityashova OS, et al. [The effect of repeated transvaginal follicle puncture procedures on the blood content of reproductive hormones in donor cows of the tagil breed]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2024;38(6):46–51. Russian. doi:10.53859/02352451_2024_38_6_46

Аспирацию фолликулов под сонографическим контролем (ОПУ) на сегодняшний день считают основным методом получения ооцитов, используемым во всем мире для коммерческой продукции эмбрионов коров (IVP-эмбрионы) [1]. Результаты анализа технологических параметров проведения ОПУ свидетельствуют о тенденции отказа от использования экзогенных гонадотропинов как технологического приема, направленного

на повышение числа одновременно созревающих фолликулов. Так, в 2021 г. в мире 93,5 % IVP-эмбрионов были получены от нестимулированных коров-доноров [2]. Это связано, с одной стороны, с высокой стоимостью препаратов гонадотропных гормонов, с другой – с их возможным негативным воздействием на репродуктивную функцию доноров [3]. Повышение эффективности использования доноров без стимуляции экзогенными

гонадотропинами предусматривает проведение серии повторяющихся сеансов ОРУ с периодичностью, как правило, один или два раза в неделю [4, 5, 6]. При этом полагают, что проведение ОРУ может оказывать потенциальное негативное воздействие на воспроизводительные способности доноров в результате изменения гормонального профиля или физических характеристик яичников, включая кровоизлияния, инфильтрацию иммунными клетками и фиброз. Вследствие аспирации фолликулов некоторые из оставшихся фолликулярных клеток могут лютеинизироваться и продуцировать прогестерон [7]. Так, было показано негативное влияние ОРУ на фертильность телок молочного направления продуктивности, подвергшихся различному числу процедур, начиная с 10,6-месячного возраста. В то же время частота стельности лактирующих коров-доноров не зависела от типа ранее использованной вспомогательной репродуктивной технологии [8]. У лактирующих коров мясного направления продуктивности проведение серии из четырех сеансов ОРУ не оказывало достоверного влияния на оплодотворяемость при искусственном осеменении. В исследовании участвовало всего десять коров, но на уровне тенденции был обнаружен потенциальный негативный эффект [9]. Guest A. с соавт. [10] показали, что проведение девяти повторяющихся сеансов ОРУ с использованием суперстимуляции фолликулостимулирующим гормоном не оказывало негативного влияния на воспроизводительные способности 12...14-месячных телок мясного направления продуктивности. По завершении эксперимента все животные стали стельными после пересадки ОРУ/IVP-эмбрионов.

В качестве индикатора состояния репродуктивной системы самок крупного рогатого скота может быть использовано содержание в крови половых гормонов [11]. В литературных источниках имеются данные о их концентрации в крови телок и коров, характеризующихся как нормальными воспроизводительными способностями, так и различными нарушениями репродуктивной функции [12, 13, 14]. Однако влияние повторяющихся процедур ОРУ на изменчивость содержания в крови половых гормонов животных различных пород крупного рогатого скота остается малоизученным.

Цель исследований – анализ влияния повторяющихся процедур прижизненной УЗИ-ассистированной пункции фолликулов на содержание в крови половых гормонов у лактирующих коров тагильской породы для оптимизации режима их использования в качестве доноров ооцитов.

Условия, материалы и методы. Схема исследований предусматривала проведение линейного эксперимента, для которого были отобраны коровы-доноры

тагильской породы ($n=3$), находящиеся на середине лактации (3...5 мес.), с гормонально синхронизированным половым циклом. На первом этапе (контроль) определяли концентрацию половых гормонов в крови коров в день прихода в охоту (день 0), на 1-, 4-, 8-, 11-, 15-, 18- и 22-й дни полового цикла без каких-либо манипуляций на животных. Вторым этапом (опыт) предусматривал проведение на каждом из доноров шести повторных процедур трансвагинальной УЗИ-ассистированной пункции фолликулов (ОРУ) и анализ концентрации половых гормонов на 4-, 8-, 11-, 15-, 18- и 22-й дни полового цикла. Определение концентрации половых гормонов проводили в те же дни полового цикла, что и в контрольной группе. Период отдыха между этапами составил 1 мес. Для синхронизации полового цикла как на первом, так и на втором этапах использовали аналогичную схему, основанную на последовательном применении синтетических аналогов гонадотропного релизинг-гормона (ГнРГ), простагландина F2 α и ГнРГ, подробно описанную ранее [6]. Результативность синхронизации полового цикла в запланированную дату оценивали по наличию внешних признаков охоты, а также по данным ультразвуковых исследований яичников на предмет присутствия преовуляторного доминантного фолликула.

Для аспирации фолликулов использовали систему для ОРУ у крупного рогатого скота (Minitube, Германия) с ультразвуковым секторным зондом Aloka UST-9111-5, 5 МГц/90°/14 мм. Аспирации подвергали все УЗИ-видимые фолликулы диаметром более 2 мм. Качество полученных ооцит-кумулюсных комплексов оценивали по методике, изложенной ранее [15].

Отбор проб крови осуществляли из хвостовой вены в одноразовые вакуумные пробирки Vacuette (GreinerBio-

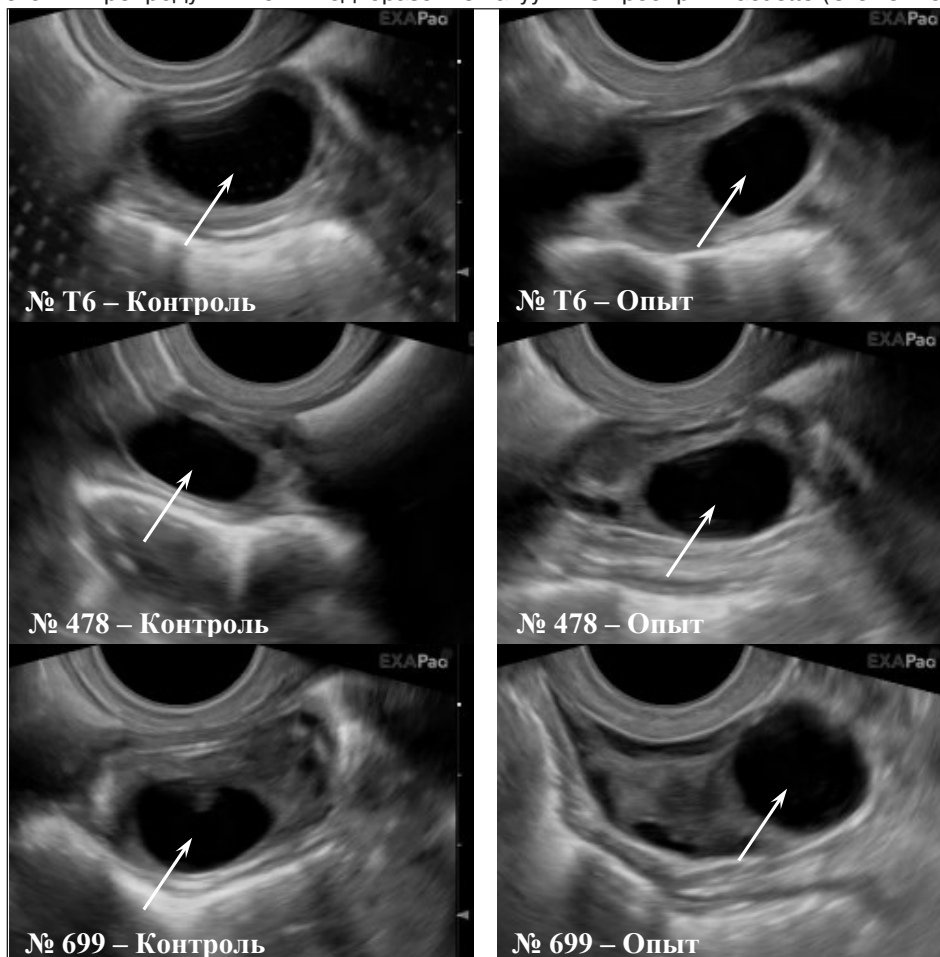


Рис. 1. Сонографическое изображение овуляторного яичника в день прихода коров в охоту (локализация преовуляторного доминантного фолликула показана стрелкой).

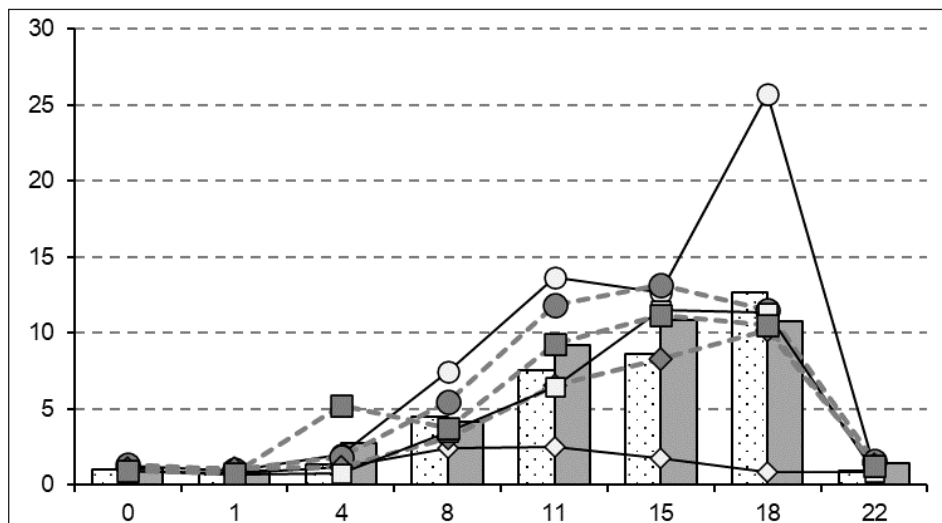


Рис. 2. Динамика содержания прогестерона в сыворотке крови коров тагильской породы в различные дни полового цикла в отсутствие и при проведении ОПУ (ось X – день полового цикла по отношению ко дню прихода в охоту (день 0); ось Y – концентрация прогестерона в сыворотке крови коров, нмоль/л; T6, 478 и 699 – идентификационные номера коров; K – контроль (в среднем); ОПУ – опыт (в среднем): — K, — OPU, — T6 (K), — T6 (OPU), — 478 (K), — 478 (OPU), — 699 (K), — 699 (OPU).

Оне, Австрия) с активатором свертывания. Для получения сыворотки крови выполняли центрифугирование при 6000 об/мин в течение 5 минут. Сыворотку разделяли на алиquotы по 0,3 мл, замораживали и хранили при -20°C до проведения исследований. Концентрацию половых гормонов в сыворотке крови определяли методом имму-

нометрического Т-критерия Вилкоксона для зависимых выборок. Для оценки общих закономерностей динамики половых гормонов между группами рассчитывали коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r_s). Нижний порог достоверности был установлен на уровне $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение.

В запланированный день все особи проявили видимые признаки охоты, а в их яичниках четко визуализировали преовуляторные фолликулы (рис. 1). Ультразвуковые исследования показали наличие овуляции у всех животных на 1-ый день гормонально синхронизированного полового цикла. Подтверждением полного лютеолиза желтого тела была выявленная в этот день минимальная за весь период наблюдений концентрация ПГ, которая в контрольной группе составила $0,785 \pm 0,070$ нмоль/л (с вариациями у отдельных животных от 0,661 до 0,903 нмоль/л), в опытной – $0,975 \pm 0,085$ нмоль/л ($0,817 \dots 1,107$ нмоль/л).

Анализ динамики содержания ПГ в крови показал поступательное повышение концентрации гормона до 15...18-го дня полового цикла, как в контрольной, так и в опытной группах (рис. 2), что соответствует лютеальной фазе полового цикла и связано с развитием желтого тела, которое считают основным источником синтеза ПГ у нестельных коров. Различия в динамике концентрации ПГ наблюдали у одного из доноров (№ 478) в контрольной группе. Если у всех остальных животных наблюдали аналогичную

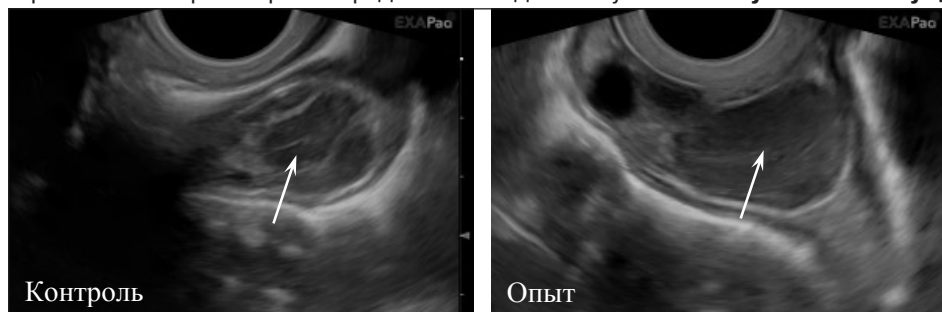


Рис. 3. Сонографическое изображение овуляторного яичника коровы № 478 на 15-ый день гормонально индуцированного полового цикла (стрелками показано желтое тело).

ноферментного анализа с конкурентным ингибированием, реализованным в коммерческих наборах компании Cloud-Clone (КНР) для фолликулостимулирующего гормона (ФСГ)

наблюдений концентрация ПГ, которая в контрольной группе составила $0,785 \pm 0,070$ нмоль/л (с вариациями у отдельных животных от 0,661 до 0,903 нмоль/л), в опытной – $0,975 \pm 0,085$ нмоль/л ($0,817 \dots 1,107$ нмоль/л).

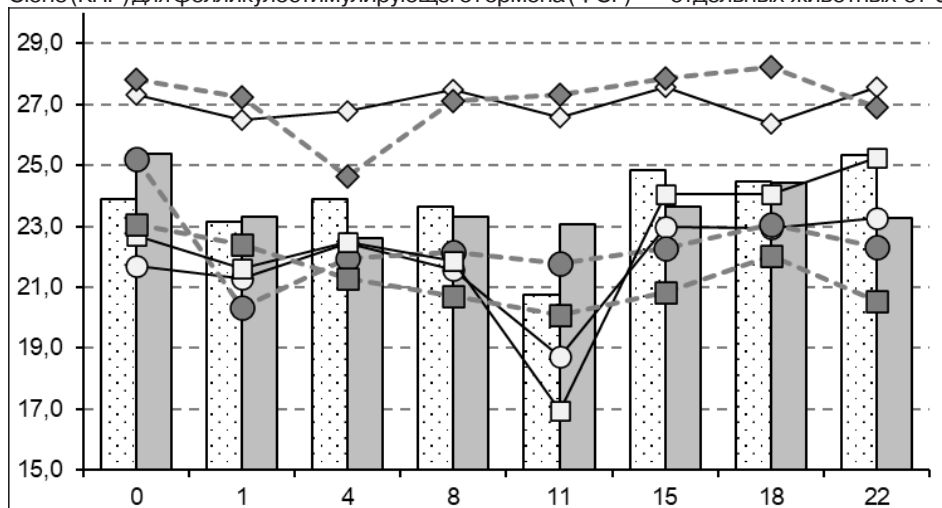
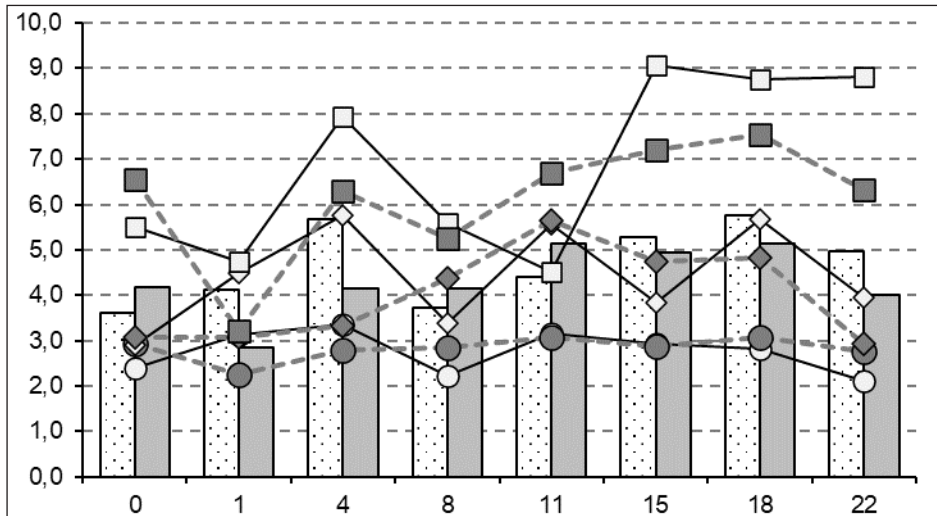


Рис. 4. Динамика содержания фолликулостимулирующего гормона в сыворотке крови коров тагильской породы в различные дни полового цикла в отсутствие и при проведении ОПУ (ось Y – концентрация фолликулостимулирующего гормона в сыворотке крови коров, нг/мл; расшифровка других обозначений дана в примечании к рис. 2).



У всех коров-доноров в обеих группах концентрации ФСГ оставались относительно стабильными в дни проведения ОПУ (к опытной группе) и им соответствующие (в контрольной группе), на что указывают невысокие величины коэффициентов вариации: $C_v = 13,0$ и $12,0\%$ в контрольной и опытной группах соответственно. Концентрации ЛГ (рис. 5) как в контрольной, так и в опытной группах сильно варьировали в течение всего полового цикла ($C_v = 45,5$ и $39,2\%$, соответственно), при этом заметного влияния процедур ОПУ на содержание ЛГ выявлено не было.

Анализ содержания эстрадиола-17 β (рис. 6), по-

зволяет на уровне тенденции отметить его более низкие концентрации в опытной группе. Как известно, средние и большие антральные фолликулы продуцируют его сильнее, чем малые антральные фолликулы [16]. Удаление в процессе ОПУ всех фолликулов диаметром более 2 мм могло быть причиной пониженной концентрации эстрадиола-17 β в опытной группе. Следует также указать на меньшую вариабельность содержания этого гормона в опытной группе. Так как после каждого сеанса ОПУ происходит инициация новой фолликулярной волны, то с учетом постоянного интервала между сеансами (3...4 дня), при проведении ОПУ фолликулы будут находиться в одинаковой фазе роста и развития. Учитывая вариации между отдельными донорами по числу и продолжительности фолликулярных волн, в контрольной группе в исследуемые дни полового цикла фолликулы могут находиться на разных стадиях роста и развития.

Результаты расчета значений непараметрического Т-критерия Вилкоксона свидетельствуют, что наблюдаемые различия между концентрациями всех исследуемых половых гормонов в крови коров-доноров опытной и контрольной групп – не достоверные. На отсутствие влияния аспирации фолликулов, проведенной на ранней, средней

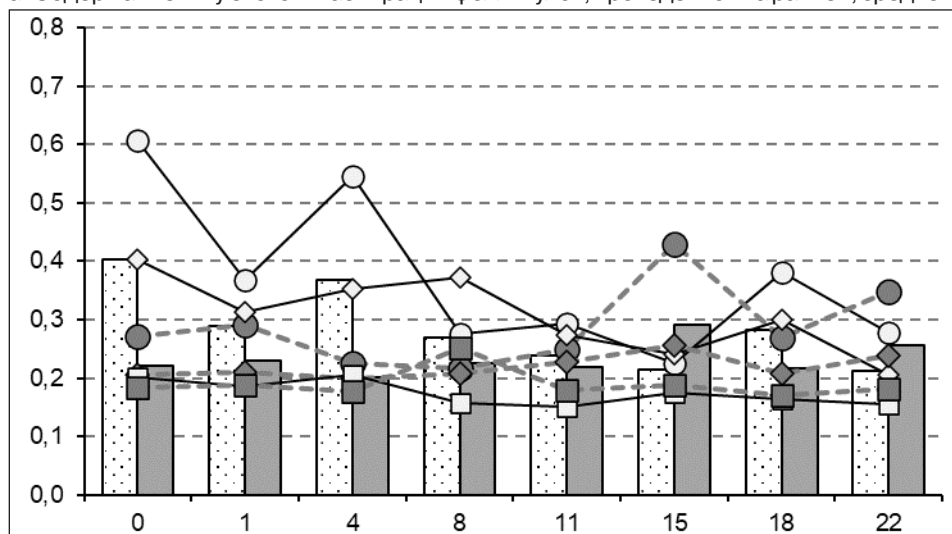


Рис. 6. Динамика содержания эстрадиола-17 β в сыворотке крови коров тагильской породы в различные дни полового цикла в отсутствие и при проведении ОПУ (ось Y – концентрация эстрадиола-17 β в сыворотке крови коров, нмоль/л; расшифровка других обозначений дана в примечании к рис. 2).

Таблица 1. Содержание половых гормонов в крови коров-доноров тагильской породы исследуемых групп

Гормон	Группа				Коэффициент корреляции Спирмена (r_s)
	контрольная		опытная		
	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$	
ПГ, нмоль/л	5,93±1,59	113,7	6,52±1,01	65,6	0,79***
ФСГ, нг/мл	23,83±0,71	12,6	23,39±0,66	12,0	0,72***
ЛГ, нг/мл	4,97±0,55	46,8	4,59±0,40	37,1	0,84***
ЭД, нмоль/л	0,264±0,024	38,9	0,235±0,015	27,7	0,37 (n.s.)

*** $p < 0,001$; n.s. – не достоверно.

и поздней стадиях лютеальной фазы, на концентрацию ПГ у коров голштино-фризской породы указывали Amiridis G. S. с соавт. [18]. При этом в исследованиях Miura H. с соавт. [19] было показано, что процедура ОПУ обуславливала повышение содержания ФСГ. В наших исследованиях результаты расчета коэффициентов ранговой корреляции Спирмена (r_s) для показателей содержания половых гормонов в опытной и контрольной группах (в дни проведения ОПУ и им соответствующие) свидетельствуют о сильной положительной связи для ПГ ($r_s = 0,79$, $p < 0,001$), ФСГ ($r_s = 0,72$, $p < 0,001$) и ЛГ ($r_s = 0,84$, $p < 0,001$), что указывает на наличие общих закономерностей в динамике содержания гормонов в течение полового цикла без сеансов ОПУ и при их проведении (табл. 1). Мы не обнаружили достоверной связи между концентрацией ЭД в контрольной и опытной группах.

Индикатором изменения гормонального профиля коров-доноров под влиянием ОПУ может быть изменение корреляционных зависимостей между содержанием в крови половых гормонов. В контрольной группе выявлена достоверная отрицательная корреляция (табл. 2) между

Таблица 2. Корреляции между содержанием половых гормонов в крови коров-доноров тагильской породы

Гормон	Коэффициент корреляции Спирмена (r_s)			
	ПГ	ЭД	ФСГ	ЛГ
ПГ		0,00	-0,49*	-0,29
ЭД	0,20 ¹		0,15	-0,57*
ФСГ	-0,06	0,23		0,24
ЛГ	0,17	-0,71***	-0,23	

¹над диагональю – величины коэффициентов корреляции в контрольной группе; под диагональю – в опытной группе; *** $p < 0,001$, * $p < 0,05$.

концентрацией ЛГ и ЭД ($r_s = -0,57$, $p < 0,05$). В опытной группе зависимость аналогичной направленности сохранялась ($r_s = -0,71$, $p < 0,001$), что можно рассматривать как указание на отсутствие видимого влияния ОПУ на характер динамики концентрации этих гормонов. Между концентрацией ПГ и ФСГ в контрольной группе отмечена умеренная отрицательная связь на уровне тенденции ($r_s = -0,49$, $p < 0,05$), что можно считать отражением регуляции секреции этих гормонов по принципу обратной связи. В опытной группе выявленная зависимость нивелировалась.

Литература.

1. Transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval in cattle: State-of-the-art and its impact on the in vitro fertilization embryo production outcome / L. B. Ferre, H. Alvarez-Gallardo, S. Romo, et al. // *Reproduction in Domestic Animals*. 2023. Vol. 58. No. 3. P. 363–378.
2. Чинаров Р. Ю., Луканина В. А. Производство эмбрионов крупного рогатого скота с использованием прижизненно получаемых ооцитов: мировые тренды и перспективы (обзор) // *Достижения науки и техники АПК*. 2023. Т. 37. № 9. С. 31–38. doi: 10.53859/02352451_2023_37_9_31.
3. Чинаров Р. Ю. Развитие технологии прижизненного получения ооцитов у коров: современное состояние и направления исследований (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2024. Т. 59. № 2. С. 194–220. doi: 10.15389/agrobiology.2024.2.194rus.
4. Recovery efficiency of cumulus oocyte complexes (COCs) according to collection frequency for ovum pick-up (OPU) method in Hanwoo cow / S. S. Kang, U. H. Kim, S. D. Lee, et al. // *Journal of Animal Reproduction and Biotechnology*. 2019. Vol. 34. P. 300–304. doi: 10.12750/JARB.34.4.300.
5. Efficacy of repeated ovum pick-up in Podolic cattle for preservation strategies: a pilot study / G. A. Presicce, G. Neglia, A. Salzano, et al. // *Italian Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 19. No. 1. P. 31–40. doi: 10.1080/1828051X.2019.1684213.
6. Чинаров Р. Ю., Луканина В. А., Сингина Г. Н. Результативность прижизненного получения ооцитов у коров тагильской породы // *Ветеринария и кормление*. 2024. № 1. С. 89–94. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-1-19.
7. Caracterizacao de sequelas subsequentes a puncao folicular em bovinos / J. H. M. Viana, A. A. Nascimento, N. L. Pinheiro, et al.

Выводы. Исследования динамики содержания половых гормонов в крови лактирующих коров тагильской породы в отсутствие (контроль) и при проведении ОПУ (опыт) не показали достоверных различий между средними значениями концентрации прогестерона (5,93 против 6,52 нмоль/л), фолликулостимулирующего гормона (23,83 против 23,39 нг/мл), лютеинизирующего гормона (4,97 против 4,59 нг/мл) и эстрадиола-17β (0,264 против 0,235 нмоль/л). Выявленные сильные положительные корреляции между группами по содержанию прогестерона ($r_s = 0,79$, $p < 0,001$), фолликулостимулирующего гормона ($r_s = 0,72$, $p < 0,001$) и лютеинизирующего гормона ($r_s = 0,84$, $p < 0,001$) указывают на сопряженность динамики половых гормонов в течение полового цикла в отсутствие и при проведении сеансов ОПУ. Наблюдаемую высокую отрицательную корреляцию между содержанием лютеинизирующего гормона и эстрадиола-17β в крови животных контрольной ($r_s = -0,57$, $p < 0,05$) и опытной групп ($r_s = -0,71$, $p < 0,001$) можно рассматривать как индикатор отсутствия видимого влияния ОПУ на гормональный профиль в отношении этих половых гормонов. Проведение шести повторяющихся процедур трансвагинальной УЗИ-ассистированной пункции фолликулов не приводит к видимым изменениям содержания половых гормонов, что позволяет рекомендовать использование установленного режима для получения ооцитов от лактирующих коров-доноров тагильской породы без существенного нарушения репродуктивной функции.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FGGN-2024-0014, № государственной регистрации 124020200127-7).

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Эксперименты с животными проводились в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других целях (ETS №123, 1986). Протоколы с использованием животных были одобрены Комиссией ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста по биоэтике, протокол № 1 от «15» января 2024 г.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

// Pesquisa Veterinaria Brasileira. 2003. Vol. 23. No. 3. P. 119–124.

8. Impact of assisted reproduction techniques on subsequent reproductive performance of dairy heifers and lactating cows / C. C. Figueiredo, D. Z. Bisinotto, G. V. R. Brandao, et al. // *Theriogenology*. 2020. Vol. 158. P. 97–104.

9. Transvaginal follicular aspiration and embryo development in superstimulated early postpartum beef cows and subsequent fertility after artificial insemination / J. F. Aller, N. C. Mucci, G. G. Kaiser, et al. // *Animal Reproduction Science*. 2010. Vol. 119. P. 1–8. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432009002826> (дата обращения: 15.04.2024).

10. Repeated superstimulation facilitated ovum pick-up and in vitro production (OPU-IVP) of viable bovine embryos with no apparent adverse effects on donor health / A. Guest, F. Salek, C. Johnson, et al. // *Preprints*. 2024. 2024010308. URL: <https://www.preprints.org/manuscript/202401.0308/v1> (дата обращения: 30.04.24).

11. Harnessing the value of reproductive hormones in cattle production with considerations to animal welfare and human health / H. C. Evans, E. F. Briggs, R. H. Burnett, et al. // *J Anim Sci*. 2022. Vol. 100. Article skac177. URL: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/100/7/skac177/6620798> (дата обращения: 15.04.2024). doi: 10.1093/jas/skac177.

12. Смертина Е. Ю., Павлов А. В. Содержание половых и стероидных гормонов в сыворотке крови коров ирменского типа // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 4. С. 75–78.

13. Григорьева Т. Е., Сергеева Н. С. Влияние содержания половых F-гормонов у коров на течение послеродового периода // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. Т. 60. № 5. С. 40–43.

14. Kim S.-J. Patterns of ovarian changes associated with surge mode secretion of gonadotropin in dairy cows with cyclic estrous cycle // *Journal of Embryo Transfer*. 2018. Vol. 33. No. 4. P. 297–304. doi: 10.12750/JET.2018.33.4.297.

15. Сингина Г. Н., Чинаров Р. Ю., Луканина В. А. Влияние количества повторяющихся процедур ОПУ на эффективность получения in vitro эмбрионов ярославской породы крупного рогатого скота // *Достижения науки и техники АПК*. 2023. Т. 37. № 11. С. 59–64. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_59.

16. Effects of preovulatory follicle size on estradiol concentrations, corpus luteum diameter, progesterone concentrations and subsequent pregnancy rate in buffalo cows (*Bubalus bubalis*) / A. K. Pandey, S. P. S. Ghuman, G. S. Dhaliwal, et al. // *Theriogenology*. 2018. Vol. 107. P. 57–62. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.10.048.

17. Findlay J. K., Clarke I. J. Regulation of the secretion of FSH in domestic ruminants // *J. Reprod. and Fertility*. 1987. Vol. 34. P. 27–37.

18. Plasma estradiol, FSH and LH concentration after dominant follicle aspiration in the cow / G. S. Amiridis, L. Robertson, S. Reid, et al. // *Theriogenology*. 1999. Vol. 52. No. 6. P. 995–1003. doi: 10.1016/S0093-691X(99)00189-2.

19. Changes in plasma inhibin and FSH around ovulation and OPU in cows / H. Miura, M. Kikuchi, Y. Hasegawa, et al. // *Japanese Journal of Veterinary Clinics*. 2006. Vol. 29. No. 2. P. 53–57.

References

1. Ferre LB, Alvarez-Gallardo H, Romo S, et al. Transvaginal ultrasound-guided oocyte retrieval in cattle: State-of-the-art and its impact on the in vitro fertilization embryo production outcome. *Reproduction in Domestic Animals*. 2023;58(3):363-78.

2. Chinarov RYu, Lukanina VA. [Production of bovine embryos using oocytes obtained during life: gGlobal trends and prospects (review)]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023;37(9):31-8. Russian. doi: 10.53859/02352451_2023_37_9_31.

3. Chinarov RYu. [Development of technology for intravital oocyte retrieval from cows: Current status and research directions (review)]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2024;59(2):194-220. Russian. doi: 10.15389/agrobiology.2024.2.194rus.

4. Kang SS, Kim UH, Lee SD, et al. Recovery efficiency of cumulus oocyte complexes (COCs) according to collection frequency for ovum pick-up (OPU) method in Hanwoo cow. *Journal of Animal Reproduction and Biotechnology*. 2019;34:300-4. doi: 10.12750/JARB.34.4.300.

5. Presicce GA, Neglia G, Salzano A, et al. Efficacy of repeated ovum pick-up in Podolic cattle for preservation strategies: a pilot study. *Italian Journal of Animal Science*. 2020;19(1):31-40. doi: 10.1080/1828051X.2019.1684213.

6. Chinarov RYu, Lukanina VA, Singina GN. [Efficiency of intravital oocyte retrieval in Tagil cows]. *Veterinariya i komlenie*. 2024;(1):89-94. Russian. doi: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2024-1-19.

7. Viana JHM, Nascimento AA, Pinheiro NL, et al. [Characterization of tissue damage after ovum pick-up in bovine]. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*. 2003;23(3):119-24. Portuguese.

8. Figueiredo CC, Bisinotto DZ, Brandao GVR, et al. Impact of assisted reproduction techniques on subsequent reproductive performance of dairy heifers and lactating cows. *Theriogenology*. 2020;158:97-104.

9. Aller JF, Mucci NC, Kaiser GG, et al. Transvaginal follicular aspiration and embryo development in superstimulated early postpartum beef cows and subsequent fertility after artificial insemination. *Animal Reproduction Science* [Internet]. 2010 [cited 2024 Apr 15];119:1-8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432009002826>.

10. Guest A, Salek F, Johnson C, et al. Repeated superstimulation facilitated ovum pick-up and in vitro production (OPU-IVP) of viable bovine embryos with no apparent adverse effects on donor health. *Preprints* [Internet]. 2024 [cited 2024 Apr 30]: 2024010308. Available from: <https://www.preprints.org/manuscript/202401.0308/v1>.

11. Evans HC, Briggs EF, Burnett RH, et al. Harnessing the value of reproductive hormones in cattle production with considerations to animal welfare and human health. *J Anim Sci* [Internet]. 2022 [cited 2024 Apr 15];100: Article skac177. Available from: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/100/7/skac177/6620798>. doi: 10.1093/jas/skac177.

12. Smeritina EYu, Pavlov AV. [Content of sex and steroid hormones in the blood serum of cows of the Irmen type]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2016;(4):75-8. Russian.

13. Grigor'eva TE, Sergeeva NS. [Influence of the content of sex F-hormones in cows on the course of the postpartum period]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2017;60(5):40-3. Russian.

14. Kim S.-J. Patterns of ovarian changes associated with surge mode secretion of gonadotropin in dairy cows with cyclic estrous cycle. *Journal of Embryo Transfer*. 2018;33(4):297-304. doi: 10.12750/JET.2018.33.4.297.

15. Singina GN, Chinarov RYu, Lukanina VA. [Influence of the number of repeated OPU procedures on the efficiency of obtaining in vitro embryos of the Yaroslavl breed of cattle]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023;37(11):59-64. Russian. doi: 10.53859/02352451_2023_37_11_59.

16. Pandey AK, Ghuman SPS, Dhaliwal GS, et al. Effects of preovulatory follicle size on estradiol concentrations, corpus luteum diameter, progesterone concentrations and subsequent pregnancy rate in buffalo cows (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology*. 2018;107:57-62. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.10.048.

17. Findlay JK, Clarke IJ. Regulation of the secretion of FSH in domestic ruminants. *J. Reprod. and Fertility*. 1987;34:27-37.

18. Amiridis GS, Robertson L, Reid S, et al. Plasma estradiol, FSH and LH concentration after dominant follicle aspiration in the cow. *Theriogenology*. 1999;52(6):995-1003. doi: 10.1016/S0093-691X(99)00189-2.

19. Miura H, Kikuchi M, Hasegawa Y, et al. Changes in plasma inhibin and FSH around ovulation and OPU in cows. *Japanese Journal of Veterinary Clinics*. 2006;29(2):53-7.

Поступила в редакцию 04.05.2024 После доработки 24.05.2024 Принята к публикации 18.06.2024